

Профессор Л. В. КИРЕНСКИЙ,  
доктор физико-математических наук.  
А. И. ДРОКИН,  
кандидат физико-математических наук.

# АТОМНАЯ ЭНЕРГИЯ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Красноярское книжное издательство  
1 9 5 5

*Товарищи читатели!*

*Присылайте ваши отзывы о содержании и художественном оформлении книги, а также пожелания и предложения автору и издательству.*

*В письме укажите ваш адрес, профессию и возраст.*

*Пишите по адресу: г. Красноярск, ул. Урицкого, 98, Красноярское книжное издательство.*

19588

## **I. АТОМНАЯ ЭНЕРГИЯ И БУДУЩЕЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА**

С тех пор как человек сделал свои первые шаги в науке — скрепил с палкою камень и приручил огонь, прошли многие тысячелетия. Медленно, шаг за шагом, отвоевывал человек у природы ее тайны, заставляя работать на себя. Двигаясь по пути социального, культурного и технического прогресса, человек вводил в строй все большие и большие энергетические ресурсы.

Жалок и беззащитен был человек в борьбе с могущественными силами природы, когда на заре своего существования умел пользоваться только энергией собственных мускулов.

Шли годы, века, тысячелетия; человек научился приручать животных, используя их мускульную энергию. Далее человек научился использовать энергию движущейся воды, энергию ветра, энергию топлива, энергию электричества. С каждым годом человечество использует все большие и большие энергетические богатства, покоряя природу, увеличивая свою власть над ней.

Однако, все шире используя различные виды энергии, человечество встало перед двумя, хотя и отдаленными, но весьма серьезными проблемами. Первая из них может обеспокоить человечество в не весьма отдаленном будущем, а многие страны беспокоит уже и сейчас — это проблема «топливного голода».

Значительная доля используемой человечеством в настоящее время энергии приходится на энергию, получаемую при сгорании различных видов топлива. Топливо используется на многих электростанциях, в паровозах, водном транспорте, авиации, сельском хозяйстве. Особая ценность его энергии

заклучается в высокой концентрации и относительно удобной транспортировке. Энергия топлива — действительно весьма концентрированная энергия: в сравнительно небольших объемах заключено большое количество ее. Это свойство топлива хорошо подтверждается беспосадочными перелетами на многие тысячи километров. Энергия топлива, по существу, является пока единственным видом энергии, используемым в авиации.

Однако запасы топлива на земном шаре ограничены. Запасы угля и нефти, например, создавались в земной коре в течение многих миллионов лет. Это, по существу, невозобновляемый источник энергии на земле. Человечество с каждым годом потребляет все большее и большее количество угля и нефти, оставляя все меньшие и меньшие запасы их для будущих поколений. При существующих размерах использования этих полезных ископаемых, их запасов в недрах земли может хватить на 200—400 лет. Поэтому для человечества может наступить такой момент, когда запасы топлива на земле окажутся исчерпанными. Многие страны уже и теперь не имеют в недрах своей земли достаточных запасов топлива и вынуждены закупать его в других странах. Этим же объясняется и та борьба, которая разворачивается между капиталистическими странами за получение прав эксплуатации природных топливных богатств в слабо развитых странах. Кроме того, из угля и нефти вырабатываются различные масла, красители, вазелин, пластмассы, бензин и другие ценные продукты химической промышленности. Сжигая топливо, мы тем самым лишаем себя ценного сырья для весьма важных изделий.

Поэтому для ликвидации становящейся уже реальной угрозы топливного голода и сохранения ценного сырья для химической промышленности, человечество должно изыскать какой-то новый вид энергии, который был бы не менее концентрированным чем энергия топлива, удобным как для транспортировки, так и для использования, и ресурсы которого на земле были бы значительно большими, чем запасы топлива.

Вторая проблема, также весьма серьезная, заключается в следующем. Все жизненные процессы, протекающие на земле, возможны лишь потому, что земля непрерывно получает лучистую энергию от солнца. Без солнечного тепла и света не было бы жизни на земле.

Человек с каждым годом вводит в строй все большие и большие энергетические ресурсы. Однако, если присмотреться

внимательно, то окажется, что любой вид используемой человеком энергии представляет собою преобразованную солнечную энергию. В самом деле, играющая теперь столь огромное значение в нашем народном хозяйстве гидроэнергия — энергия текущих рек, есть преобразованная солнечная энергия. Под влиянием солнца происходит испарение воды с поверхности океанов, морей, рек и озер. Водяной пар, поднимаясь вверх, охлаждается, конденсируется в капли и в виде дождя или снега падает на землю, питает мелкие ручейки, которые, сливаясь вместе, дают начало тем многоводным рекам, на которых человек строит свои мощные гидроэлектростанции.

Ветряные двигатели возможны лишь при наличии ветра, который, в свою очередь, возможен лишь при условии, что атмосфера земли в различных местах различно нагревается. Стало быть, ветры были бы невозможны, если бы не существовало непрерывного потока энергии, который мы получаем от солнца.

Энергия топлива также есть преобразованная солнечная энергия. Потoki солнечной энергии поглощаются зелеными частями растений, давая рост растениям. Погибшие много тысяч лет назад растения отлагались в недрах земли и постепенно с течением времени превращались в тот каменный уголь, который так широко использует современное человечество. Таким образом, и энергия топлива есть преобразованная солнечная энергия, запасенная в растениях и сохранившаяся в недрах земли.

Следовательно, все виды энергии, которые до сих пор использовались человечеством, представляли собою преобразованную солнечную энергию.

Если будут исчерпаны запасы топлива, т. е. в земле не окажется запасенной впрок солнечной энергии, то, очевидно, человечество не сможет расходовать ежегодно большее количество энергии, нежели то, которое оно получает от солнца. Хотя эта энергия и весьма велика, но далеко не безгранична, и ее недостаточно, например, для того, чтобы расплавить полярные льды, превратить болотистые тундры в цветущие субтропики. Значит, человечество будет ограничено в своих энергетических ресурсах в будущем.

Это может произойти, если человеческий разум не найдет такого вида энергии, который не будет зависеть от наличия солнца и который человечество сможет вырабатывать в любых, необходимых ему количествах.

Новый вид энергии — энергия атома, которую человечество получило в середине двадцатого века, решает в принципе обе затронутые выше проблемы.

Атомная энергия навсегда ликвидирует угрозу топливного голода, даст в руки человеку неограниченное количество в миллионы раз более концентрированной энергии, чем энергия топлива.

Атомная энергия может быть получена независимо от энергии солнца. Ее запасы неограничены. Открывая сессию Академии Наук СССР по мирному использованию атомной энергии, проходившую в Москве с 1 по 5 июля 1955 года, президент Академии Наук академик А. Н. Несмеянов говорил: «... настало время вместо использования жалких крох консервированной в том или ином виде на нашей планете колоссальной энергии Солнца создать свое солнце на земле».

Значит, использование атомной энергии исторически необходимо для человечества, оно сделает человека истинным властелином природы. Атомную энергию человек может привлечь для осуществления своей многовековой мечты о путешествиях на Луну и другие планеты солнечной системы.

Однако использование атомной энергии не ограничивается только получением новых движущих сил для мощных источников электрического тока, различных видов транспорта. Сам процесс получения атомной энергии сопровождается целым рядом явлений, использование которых открывает перед человечеством новые, еще невиданные перспективы в самых различных отраслях науки и хозяйственной жизни.

Использование атомной энергии в мирных целях даст новый мощный толчок развитию производительных сил человечества.

## 2. ИЗ ЧЕГО СОСТОИТ ОКРУЖАЮЩИЙ НАС МИР?

Окружающий нас мир красочен и многообразен. Всегда удивляет разнообразие растительного и животного мира, многообразие горных пород, огромное количество различных изделий, изготовленных человеком. Мы знаем, что за пределами земли существует бесконечный мир, который существовал всегда и будет существовать вечно.

Как же устроен этот бесконечный и разнообразный мир? На этот вопрос люди пытались ответить очень давно. За 400 лет до нашей эры великий греческий ученый и философ Демокрит впервые высказал мысль о том, что все тела состоят из очень маленьких, не поддающихся делению частичек. Эти ма-

ленькие неделимые частички он назвал атомами, что, в переводе на русский язык означает «неделимые». Атомы, говорил Демокрит, бесконечны по числу и бесконечно разнообразны по форме.

Прошло свыше двух тысяч лет. Наука о строении тел ушла далеко вперед и подтвердила основную мысль Демокрита о том, что все тела действительно состоят из очень маленьких частичек, которые и теперь, следуя Демокриту, называют атомами.

Однако Демокрит не во всем был прав. Он был неправ во-первых, в утверждении, что в природе существует бесконечное разнообразие атомов. Оказалось, мир устроен значительно проще. Не бесконечное разнообразие атомов встречаем мы в природе, к настоящему времени их известно всего 101. Из различного сочетания этих мельчайших частиц — атомов и состоит весь окружающий нас мир. Все на земле, в том числе и мы сами, построено из этих атомов 101 вида. Более того, современная физика обладает средствами устанавливать химический состав даже очень отдаленных звезд. Оказывается, и они, эти сравнительно близкие или очень далекие звезды, состоят из тех же по своей природе атомов, что и все тела на земле. Вестники далеких миров — падающие на землю метеориты, как показали проведенные химические исследования их состава, состоят из тех же атомов, что и тела на земле.

Наш великий соотечественник Д. И. Менделеев расположил эти атомы в некотором порядке, приписав каждому типу атома или, как мы сейчас называем, каждому химическому элементу определенный порядковый номер. Ниже приводится список химических элементов в порядке возрастания их номеров по Менделееву.

- |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|
| 1. Водород.   | 17. Хлор.     | 33. Мышьяк.   |
| 2. Гелий.     | 18. Аргон.    | 34. Селен.    |
| 3. Литий.     | 19. Калий.    | 35. Бром.     |
| 4. Бериллий.  | 20. Кальций.  | 36. Криптон.  |
| 5. Бор.       | 21. Скандий.  | 37. Рубидий.  |
| 6. Углерод.   | 22. Титан.    | 38. Стронций. |
| 7. Азот.      | 23. Ванадий.  | 39. Иттрий.   |
| 8. Кислород.  | 24. Хром.     | 40. Цирконий. |
| 9. Фтор.      | 25. Марганец. | 41. Ниобий.   |
| 10. Неон.     | 26. Железо.   | 42. Молибден. |
| 11. Натрий.   | 27. Кобальт.  | 43. Технеций. |
| 12. Магний.   | 28. Никель.   | 44. Рутений.  |
| 13. Алюминий. | 29. Медь.     | 45. Родий.    |
| 14. Кремний.  | 30. Цинк.     | 46. Палладий. |
| 15. Фосфор.   | 31. Галлий.   | 47. Серебро.  |
| 16. Сера.     | 32. Германий. | 48. Кадмий.   |

49. Индий.	67. Гольмий.	85. Астатин.
50. Олово.	68. Эрбий.	86. Радон.
51. Сурьма.	69. Тулий.	87. Франций.
52. Теллур.	70. Иттербий.	88. Радий.
53. Иод.	71. Лютеций.	89. Актиний.
54. Исенон.	72. Гафний.	90. Торий.
55. Пезий.	73. Тантал.	91. Протактиний.
56. Барий.	74. Вольфрам.	92. Уран.
57. Лантан.	75. Рений.	93. Нептуний.
58. Церий.	76. Осмий.	94. Плутоний.
59. Празеодим.	77. Иридий.	95. Америций.
60. Неодим.	78. Платина.	96. Кюрий.
61. Прометей.	79. Золото.	97. Берклий.
62. Самарий.	80. Ртуть.	98. Калифорний.
63. Европий.	81. Таллий.	99. Афиний.
64. Гадолиний.	82. Свинец.	100. Центурий.
65. Тербий.	83. Висмут.	101. Менделеевиум.
66. Диспрозий.	84. Полоний.	

Химические элементы с порядковым номером, большим 92, в природе в значительных количествах вообще не встречаются. Эти элементы, стоящие за ураном, получены человеком искусственным путем и носят название трансурановых элементов.

Из приведенных выше атомов химических элементов и состоит весь окружающий нас мир.

Второе, в чем неправ был Демокрит, это в утверждении, что атом является такой простейшей частицей, которая не может быть подвержена дальнейшему делению. Оказывается, атом, несмотря на свои весьма малые размеры, имеет довольно сложную структуру и делим на части. Однако при делении атома на части мы уже получим другой атом. Например, при делении атома урана могут быть получены атомы криптона и бария.

Атомы чрезвычайно малы по своим размерам. Если представить атом в виде шарика, то диаметр этого шарика окажется равным стомиллионной доле сантиметра. Насколько это малая величина, видно из следующих примеров. Если взять литровую бутылку, наполненную воздухом, и каждую секунду вытаскивать из нее по сто миллионов атомов, то все атомы будут удалены из бутылки по истечении лишь 18 миллионов лет. В кубическом сантиметре воздуха столько атомов, что если бы каждый из них принял размеры кирпича, то этими кирпичами можно было бы покрыть всю сушу земного шара на высоту многоэтажного здания.

Несмотря на то что размеры атомов чрезвычайно малы, в настоящее время достаточно хорошо известны, как они устроены.

### 3. КАК УСТРОЕН АТОМ?

Как показала современная физика, все атомы устроены в принципе совершенно одинаково. Атом любого химического элемента состоит из двух основных частей: центральной части, носящей название ядра, и с большой скоростью вращающихся вокруг него очень легких частиц, называемых электронами.

Атомное ядро — это массивная часть, в которой сосредоточен почти весь вес атома. Атомное ядро имеет положительный электрический заряд.

Ядра различных атомов различны. Вращающиеся вокруг ядра электроны одинаковы у всех атомов и имеют отрицательный электрический заряд. Они могут сравнительно легко отделяться от атома и вновь присоединяться к нему.

Вес электронов в сравнении с весом атомных ядер весьма мал. Электрон почти в 2000 раз легче ядра самого легкого атома — атома водорода.

Как уже указывалось, ядра различных атомов различны. Различны и числа электронов, вращающихся вокруг ядра у различных атомов. В каждом атоме вокруг его ядра вращается столько электронов, сколько единиц в порядковом номере атома по таблице Менделеева. Так, из приведенной выше таблицы следует, что у атома водорода, который стоит в таблице под номером 1, вокруг ядра вращается всего один электрон. У атома натрия, стоящего в таблице на одиннадцатом месте, вокруг ядра вращается 11 электронов, у 92-го элемента — урана вокруг ядра вращается 92 электрона. На рис. 1 схематически показано устройство атома водорода и натрия.

Следует отметить, что на приведенном рисунке не удалось соблюсти масштаб. Как ни малы размеры атома, размеры

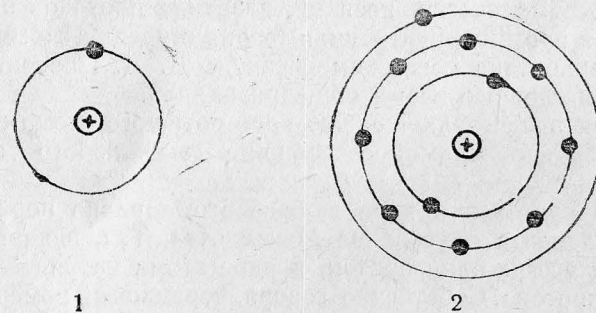


Рис. 1. Схема строения атомов:  
1 — водорода, 2 — натрия.

составляющих его частиц—атомного ядра и электронов в десятки и сотни тысяч раз меньше. Поэтому, если бы мы вздумали полностью соблюсти масштаб, то при размерах атомного ядра, изображенных на рисунке, электроны должны были бы отстоять на несколько сот метров от ядра. Так малы частицы, составляющие атом.

Так как атомное ядро имеет значительно меньшие размеры, чем сам атом, оно должно обладать весьма большой плотностью. Расчет дает столь колоссальное значение плотности, что выражение его числами ничего читателю не скажет. Поэтому ограничимся лишь следующим примером: если взять стакан и наполнить его водой, то вес воды в стакане будет равен примерно 200 граммам; если вылить воду и наполнить стакан свинцовой дробью, то вес ее составит около 2,5 килограмма; если же высыпать дробь и наполнить стакан атомными ядрами, то, вследствие огромной плотности атомных ядер, вес их будет настолько велик, что для перевозки его потребуется около миллиарда железнодорожных составов, каждый из которых способен перевозить свыше 1000 тонн.

Об устройстве атома стало известно уже к тридцатым годам нашего столетия. С этого времени физика переходит вплотную к систематическому изучению наиболее загадочной и глубоко упрямой части атома, к изучению атомного ядра. Проблема атомного ядра становится центральной проблемой физики.

#### 4. АТОМНОЕ ЯДРО

Детальное изучение атомного ядра показало, что оно состоит из особых частиц, носящих название протонов и нейтронов. Такая протонно-нейтронная теория строения атомных ядер была разработана советским физиком Д. Д. Иваненко и является в настоящее время общепризнанной.

Протон представляет собою ядро обычного атома водорода и является необходимой составной частью любого атомного ядра.

Число протонов в ядре любого атома равно порядковому номеру элемента по таблице Менделеева. Так, в ядре атома водорода всегда один протон, в ядре атома натрия — 11, урана — 92 протона. Собственно говоря, порядковый номер элемента в таблице Менделеева и определяется числом протонов в ядре атома.

Протон имеет положительный электрический заряд, численно равный заряду электрона. Поэтому, поскольку в ядре атома содержится столько протонов, сколько единиц в порядковом номере элемента, а это, в свою очередь, равно числу электронов, вращающихся вокруг ядра, и поскольку численные значения зарядов протона и электрона одинаковы, то атом в целом является электрически нейтральной системой.

Нейтрон, входящий в состав атомного ядра, представляет собою такую же массивную частицу, как и протон, но не имеет электрического заряда. Число нейтронов в ядре, в отличие от числа протонов, не является для данного химического элемента числом строго определенным. Поэтому могут существовать атомы одного и того же химического элемента, отличающиеся друг от друга числом нейтронов в ядре.

Такие атомы носят название изотопов. Они обладают одинаковыми химическими свойствами, но различны по весу.

В настоящее время установлено, что каждый химический элемент имеет несколько изотопов и встречается в природе в виде их смеси. Так, например, самый простой химический элемент—водород представляет собою атом, ядро которого состоит из одного протона. Однако существует и такой атом водорода, ядро которого состоит из одного протона и одного нейтрона. Это так называемый «тяжелый водород», или дейтерий. Он встречается в природе и при соединении двух атомов дейтерия с одним атомом кислорода получается молекула так называемой «тяжелой воды». Тяжелая вода входит в состав обычной воды в очень небольшом количестве: одна часть на 5000 частей обычной воды.

По своим физическим свойствам тяжелая вода несколько отличается от обыкновенной воды. Так, замерзает она не при  $0^{\circ}\text{C}$ , как обычная вода, а при  $3,8^{\circ}$ , кипит не при  $100^{\circ}$ , а при  $101,4^{\circ}$ .

Кроме дейтерия, оказалось возможным получить искусственным путем еще один, не встречающийся в природе, изотоп водорода, ядро которого состоит из одного протона и двух нейтронов. Такой атом водорода носит название трития.

Изотоп какого-либо химического элемента очень удобно характеризовать так называемым массовым числом, равным общему числу частиц, входящих в атомное ядро. Очевидно, это число будет равно сумме чисел протонов и нейтронов. Причем, поскольку число протонов у данного химического элемента вполне определенное и равно его порядковому номеру в таблице Менделеева, то число нейтронов в ядре всегда может быть

найден как разность массового числа данного атома и числа протонов в ядре. Это дает возможность очень удобно записывать изотоп любого атома. Для этого после названия атома ставится его массовое число. Таким образом, атом обычного водорода может быть записан так: водород-1, атом тяжелого водорода, или дейтерия — водород-2, атом трития — водород-3.

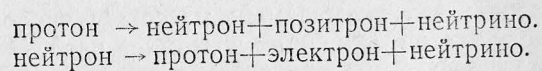
Существуют такие химические элементы, у которых имеется очень большое число изотопов. Так, например, у олова десять стабильных изотопов, у углерода — два, у серы — четыре, у платины — шесть и т. д. У урана, последнего природного элемента, имеется три изотопа: уран-234, уран-235 и уран-238. Из сказанного выше следует, что в ядре каждого изотопа урана содержится по 92 протона, а число нейтронов в уране-234 равно 142, в уране-235 — 143 и в уране-238 — 146.



Рис. 2. Схемы строения ядер атомов:  
1 — водорода, 2 — гелия, 3 — лития, 4 — углерода.

На рис. 2 схематически изображены ядра изотопов некоторых элементов. Темными кружочками изображены протоны, светлыми — нейтроны.

Протоны и нейтроны способны к взаимному превращению, то есть при некоторых условиях они могут превращаться друг в друга. В результате таких превращений возникают либо электрон, либо позитрон (положительный электрон) и еще очень маленькая частичка, значительно меньшая чем электрон и лишенная электрического заряда. Такая частичка называется нейтрино. Превращения происходят по следующим схемам:



Как видно из этих схем, протон превращается в нейтрон, причем возникают еще позитрон и нейтрино. Превращение произошло, но величина электрического заряда сохранилась. В

самом деле, положительно заряженный протон превращается в нейтрон — частицу, лишенную электрического заряда. Но так как заряд исчезнуть не может, должна образоваться положительно заряженная частица, и она действительно возникает, ведь позитрон — положительный электрон, имеет положительный электрический заряд.

Во втором случае нейтральная частица — нейтрон превращается в протон, частицу, обладающую положительным электрическим зарядом. Это значит, что должна возникнуть частица с равным отрицательным зарядом. Действительно, образующийся электрон имеет отрицательный электрический заряд, равный по величине заряду протона, и общая величина электрического заряда попрежнему остается равной нулю.

## 5. НЕУСТОЙЧИВЫЕ АТОМНЫЕ ЯДРА

Как правило, встречающиеся в природе атомные ядра очень устойчивы. Атом может терять и приобретать электроны, соединяться с другими атомами, образуя молекулы, но во всех этих случаях атомное ядро не претерпевает никаких изменений.

Однако в природе существует небольшое количество таких атомов, ядра которых способны к самопроизвольному превращению. Такие атомы носят название радиоактивных, а явление распада атомных ядер называется радиоактивностью.

Явление радиоактивности было открыто еще в 1896 году французским ученым Анри Беккерелем, который обнаружил, что уран обладает удивительным свойством — при любых условиях и в любое время испускать какие-то лучи, которые действуют на фотографическую пластинку, если даже она завернута в черную бумагу.

Несколько позже Мария и Пьер Кюри показали, что таким свойством обладает не только уран, но и некоторые другие элементы, находящиеся в конце таблицы Менделеева. Они, в частности, нашли новый, до них неизвестный химический элемент, который испускает лучи в миллионы раз более интенсивно, нежели уран. Им удалось выделить этот элемент, который был назван радием, что в переводе на русский язык означает «лучистый». Они же и назвали описываемое явление радиоактивностью.

Изучая лучи, испускаемые радиоактивными элементами, ученые нашли, что они могут быть трех видов:  $\alpha$ -лучи (альфа-лучи),  $\beta$ -лучи (бета-лучи),  $\gamma$ -лучи (гамма-лучи).

Детальное изучение показало, что альфа-лучи представляют собою ядра атома гелия, которые часто называют альфа-частицами. Ядро атома гелия состоит из двух протонов и двух нейтронов. Поэтому при вылете альфа-частицы из ядра какого-либо атома в ядре этого атома должно оставаться на два протона меньше, следовательно, мы должны будем получить новый атом с порядковым номером по таблице Менделеева на 2 меньше. Так, при распаде 88-го элемента — радия, он испускает альфа-частицу, превращаясь в 86-й элемент — радон.

При бета-распаде из ядра вылетает электрон и, следовательно, внутри ядра происходит превращение одного из нейтронов в протон. Поскольку число протонов в ядре увеличилось на единицу, то очевидно, что при бета-распаде получается новый атом, порядковый номер которого на единицу превышает порядковый номер исходного.

При гамма-распаде из ядра испускаются лучи, вполне подобные очень проникающим рентгеновым лучам, при этом никакого превращения атомов одного в другой не наблюдается.

Часто при распаде одного радиоактивного атома получается другой атом, также радиоактивный. Например, при распаде радия получается, как уже указывалось выше, радон, который также является радиоактивным и, испуская альфа-частицу, превращается в радиоактивный изотоп полония. Поэтому радиоактивный распад и соответствующие превращения элементов идут целыми звеньями, пока не будет получен стабильный (устойчивый) изотоп какого-либо элемента. Оказалось, что для естественных радиоактивных элементов такими стабильными атомами, на которых заканчивается цепь радиоактивного распада, являются изотопы атома свинца. Родоначальниками же цепей распада являются уран, торий и актиний. Поэтому и говорят о радиоактивных семействах урана, тория и актиния.

При радиоактивном распаде, очевидно, количество радиоактивного вещества будет убывать с течением времени. Скорость этой убыли обычно измеряют особой величиной, носящей название периода полураспада. Под этим названием понимают продолжительность времени, в течение которого наличное количество радиоактивного вещества распадается наполовину.

Например, период полураспада радия составляет 1590 лет. Это означает, что из грамма радия через 1590 лет останется полграмма.

Периоды полураспада для различных радиоактивных элементов весьма различны. Так, период полураспада урана 4,5 миллиарда лет, период полураспада радона 3,8 дня, один из изотопов полония, так называемый радий-С<sup>1</sup>, имеет период полураспада всего десятитысячные доли секунды.

## 6. ИСКУССТВЕННОЕ РАЗРУШЕНИЕ АТОМНЫХ ЯДЕР. ЭНЕРГИЯ АТОМНОГО ЯДРА

Мы рассмотрели самопроизвольное разрушение атомных ядер. Такое разрушение возможно лишь для небольшого сравнительно количества химических элементов и происходит у атомов с большим числом частиц в ядре. Большинство же химических элементов устойчиво, не подвержено самопроизвольному распаду. Более того, почти любые воздействия на атом (сильный нагрев, охлаждение, действие на вещество с помощью очень больших давлений, воздействие электрическими или магнитными полями и т. д.) не приводили ни к каким изменениям в атомном ядре. Однако наличие самопроизвольно распадающихся атомов говорило о том, что при соответствующем воздействии можно заставить распадаться и ядро нерадиоактивного элемента.

Для того, чтобы произвести какие-то преобразования внутри атомного ядра, в него следует попасть какой-то очень маленькой частицей, имеющей большую скорость движения для проникновения в атомное ядро.

Большая скорость движения необходима отрицательно заряженным частицам для того, чтобы преодолеть силы отталкивания со стороны окружающих ядро электронов, а положительно заряженным для того, чтобы преодолеть силы отталкивания со стороны самого ядра.

Впервые такой «обстрел» атомных ядер быстро движущимися частицами осуществил английский физик Резерфорд в 1919 году.

В качестве бомбардирующих частиц он использовал вылетающие при радиоактивном распаде альфа-частицы. Эти частицы, представляющие собою, как уже говорилось выше, ядра атома гелия, движутся с огромной скоростью, примерно, во столько раз превышающей скорость современного самолета, во сколько раз скорость самолета превосходит скорость движения черепахи. Этими быстро летящими альфа-частицами Резерфорд обстреливал ядра атома азота, которые превра-



шались в ядра атома кислорода с вылетом одного протона. Так, впервые была осуществлена ядерная реакция, в которой атом одного химического элемента был превращен в атом другого химического элемента: азот был превращен в кислород.

Таким образом, ученым стало ясно, что атомы взаимопревращаемы, нужно только, чтобы внутрь атомного ядра проникла быстро движущаяся заряженная частица. Как мы видели, такой частицей может быть вылетающая при радиоактивном распаде альфа-частица. Однако при радиоактивном распаде число возникающих частиц невелико, а скорости их не всегда достаточны для воздействия на некоторые атомные ядра. Поэтому стали строить специальные приспособления для разгона — ускорения движения заряженных частиц. Так появились электростатические генераторы и циклотроны для разгона протонов, дейтронов и альфа-частиц и бетатроны для разгона электронов. С помощью разогнанных в этих установках частиц оказалось возможным воздействовать на атомное ядро любого химического элемента, одни атомы оказались возможным превращать в другие. Например, если ядро атома лития обстрелять протоном, то оно раскалывается пополам и превращается в два ядра атома гелия или в две альфа-частицы. Схема, приводимая на рис. 3, показывает, как идет эта ядерная реакция.

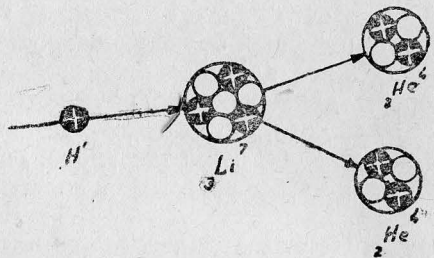


Рис. 3. Деление ядра лития под действием протона.  
 ${}^1_1\text{H}^1$  — протон;  ${}^7_3\text{Li}^7$  — литий-3;  ${}^4_2\text{He}^4$  — гелий-4

При осуществлении этой ядерной реакции выяснилось, что при распаде ядра выделяется огромное количество энергии, в десятки миллионов раз превышающее то количество энергии, которое выделяется атомом в химических реакциях горения или взрыва. Таким образом, было установлено, что атомное ядро является кладовой по хранению огромного запаса энергии, стало ясно, что ядерная энергия в миллионы раз более

концентрированная энергия, нежели энергия топлива. Однако длительное время считали, что практического значения эта энергия иметь не может, что она «на замке от человечества».

## 7. ИСКУССТВЕННАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ

Как уже было сказано, в природе преобладают устойчивые атомные ядра, не склонные к самопроизвольному превращению. Исключение составляют некоторые химические элементы, расположенные в конце таблицы Менделеева и носящие название радиоактивных. Однако, как показали Фредерик Жолио-Кюри и его супруга Ирен Кюри-Жолио, можно искусственным путем сделать радиоактивными такие атомы, которые в естественных условиях являются устойчивыми, не склонными к самопроизвольному превращению. Изготовить такие радиоактивные изотопы не представляет особого труда, нужно только подвергнуть некоторые вещества воздействию быстро летящих заряженных частиц или же воздействию нейтронов.

Например, при обстреле ядра атома алюминия альфа-частицей получается радиоактивный фосфор, так называемый фосфор-30 (изотоп фосфора, ядро которого состоит из 30 частиц, в данном случае 15 протонов и 15 нейтронов). Образовавшийся радиоактивный фосфор, так называемый радио-фосфор, распадается самопроизвольно, превращаясь в кремний и выделяя положительный электрон или позитрон.

Эта ядерная реакция схематически представлена на рис. 4. Распад радиоактивного фосфора происходит по обычным зако-

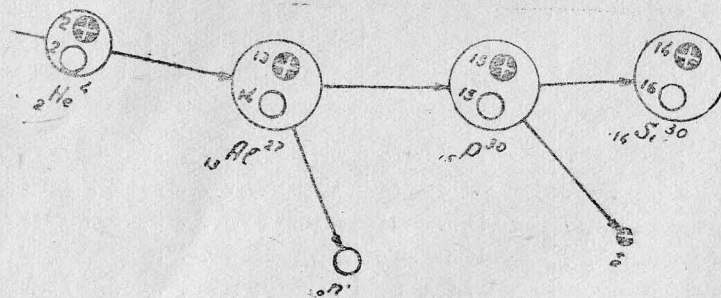
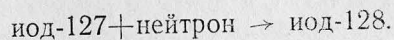


Рис. 4. Схема ядерной реакции при воздействии альфа-частицы на ядро атома алюминия.

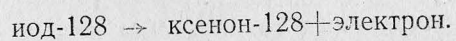
${}^4_2\text{He}^4$  —  $\alpha$ -частица,  ${}^{13}_{13}\text{Al}^{27}$  — алюминий - 13,  ${}^{30}_{15}\text{P}^{30}$  — фосфор - 30  
 ${}^{14}_{14}\text{Si}^{30}$  — кремний-14,  $\circ$  — нейтрон,  $\oplus$  — протон,  $\oplus$  — позитрон

нам радиоактивного распада, причем в данном случае период полураспада равен приблизительно 14 суткам.

Аналогичным способом путем бомбардировки обычного иода нейтронами получают радиоактивный иод. Ядерная реакция идет следующим образом:



Образовавшийся изотоп иода — иод-128 радиоактивен, он испускает бета-частицу, то есть электрон, превращаясь в устойчивый изотоп 54-го элемента — ксенона. Таким образом:



Период полураспада иода-128 очень невелик и равен всего 25 минутам. Другой радиоактивный изотоп иода, так называемый иод-131, более устойчив и имеет период полураспада 8 дней.

Радиоактивные изотопы в настоящее время весьма широко используются в науке и практике. Практически могут быть использованы, главным образом, такие радиоактивные изотопы, период полураспада которых не очень мал, так как при очень малом периоде полураспада радиоактивное вещество быстро распадается и уже не может быть практически использовано. Ниже приводится таблица некоторых искусственных радиоактивных изотопов с достаточно большим периодом полураспада, чтобы быть использованными практически.

Название элементов	Период полураспада	Название элементов	Период полураспада
Водород-3 (тритий)	12,5 лет	Медь-64 . . . . .	12,9 часа
Углерод-14 . . . . .	6000 лет	Цинк-65 . . . . .	250 дней
Натрий-24 . . . . .	14,8 часа	Мышьяк-76 . . . . .	26,8 часа
Фосфор-32 . . . . .	14,3 дня	Бром-82 . . . . .	36 часов
Сера-35 . . . . .	87,1 дня	Серебро-110 . . . . .	270 дней
Калий-42 . . . . .	12,4 часа	Иод-131 . . . . .	8 дней
Кальций-45 . . . . .	152 дня	Барий-140 . . . . .	12,8 дня
Железо-59 . . . . .	45,5 дня	Вольфрам-185 . . . . .	77 дней
Кобальт-60 . . . . .	5,03 года	Золото-198 . . . . .	2,7 дня

## 8. ПУТИ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В АТОМНЫХ ЯДРАХ

В настоящее время уже весьма широко стали использоваться процессы, протекающие в атомных ядрах. Использование этих процессов можно разделить на два вида.

Первый вид заключается в практическом использовании выделяющейся при ядерных процессах энергии, которая носит название атомной энергии. (Термин «атомная энергия» не совсем правилен. Точнее было бы говорить «ядерная» или «внутриядерная энергия». Но поскольку этот термин уже общеизвестен, мы и будем им пользоваться в нашем дальнейшем изложении).

Само по себе использование атомной энергии может идти по пути или сравнительно медленного ее выделения, или путем выделения большого количества энергии за сравнительно короткий промежуток времени. В первом случае энергия может быть использована, например, в качестве источника для получения электрического тока, во втором случае атомное «горючее» будет представлять собою сверхмощную взрывчатку, а выделение энергии будет носить характер взрыва.

Второй вид использования ядерных процессов заключается в практическом использовании радиоактивных, искусственных образом полученных изотопов.

Как уже указывалось выше, хотя сравнительно давно было известно, что ядерные процессы могут протекать с выделением огромного количества энергии, практическое использование атомной энергии долгое время считали делом невозможным. Происходило это по той же самой причине, по которой большие неудобства нам доставляет плохое топливо, например, сырые дрова. В самом деле, если топливо недоброкачественное, то пламя часто гаснет и требуется время от времени разжигать его вновь. Другое дело сухие дрова. Стоит их только раз поджечь, как горящая часть будет сама поджигать ту часть, которая еще не горит. Химики и физики говорят, что в этом случае идет цепная химическая реакция.

При распаде атомного ядра выделяется в миллионы раз больше энергии, нежели при химических реакциях горения или взрыва. Однако для получения такой энергии от атома в его ядро нужно попасть какой-либо частицей, то есть «поджечь» его. Такой «подожженный» атом выделяет энергию, но для получения энергии от следующего атома его нужно «поджигать» отдельно. Таким образом, это даже не сырые

дрова, которые часто гаснут и которые приходится часто разжигать, это такие «дрова», каждый атом которых следует «поджигать» особо. Мы уже видели, насколько малы атомы и, конечно, горючее, у которого каждый атом нужно «поджигать» особо, практически не может представлять никакого интереса. Вот почему длительное время казалось, что огромную энергию, заключенную внутри атомных ядер, практически использовать невозможно, вот почему длительное время считали, что эта огромная энергия «на замке от человечества».

Каким же путем можно было поставить вопрос о практическом использовании атомной энергии. Очевидно, таким и только таким, при котором атомное ядро, распадаясь, будет разрушать другие атомные ядра, то есть если реакция будет цепной. Иначе говоря, для практического использования атомной энергии необходимо было осуществить цепную ядерную реакцию.

Такая реакция была найдена при облучении ядер урана-235 нейтронами. Оказывается, если в ядро урана-235 попадает нейтрон, то ядро делится почти пополам, давая ядра атомов, находящихся в средней части таблицы Менделеева, например, ядра криптона и бария. При этом выделяется энергия, в сотни миллионов раз превышающая энергию, которая выделяется при химических реакциях. И что самое главное, в результате деления ядра урана выделяется два или три свободных нейтрона. Совершенно ясно, что если эти нейтроны, в свою очередь, попадут в ядра урана-235, то они произведут их деление с выделением новых нейтронов, которые вызовут деление новых атомных ядер и т. д. Таким образом, реакция может стать цепной, а следовательно, возможно практическое использование атомной энергии. Схема такой цепной реакции представлена на рис. 5.

Однако, как показывает опыт, если в кусок урана попадет нейтрон, а это, конечно, случается постоянно, то никакая цепная реакция не идет. Это объясняется тем, что обычный уран состоит из смеси изотопов с числом частиц в ядре 234, 235 и 238, причем урана-238 в этой смеси около 99,3%. Поэтому нейтроны, образовавшиеся при распаде ядра урана-235, попадут, как правило, в уран-238, который цепной реакции не дает. Таким образом, в естественном куске урана цепная реакция не осуществляется.

Выход из положения для осуществления цепной реакции напрашивается сам собой, а именно: нужно из общей смеси изотопов урана выделить уран-235. В таком куске урана, в

какой бы атом ни попали образовавшиеся нейтроны, цепная реакция будет развиваться, причем, как уже указывалось выше, если реакция будет мгновенной, то она будет носить характер сверхмощного взрыва. Следует заметить, что для осуществления взрыва необходимо, чтобы атомной взрывчатки было взято не менее некоторого определенного количества, которое носит название критической массы.

Понять сущность этого нетрудно. В самом деле, если размеры куска урана-235 малы, то образующиеся нейтроны

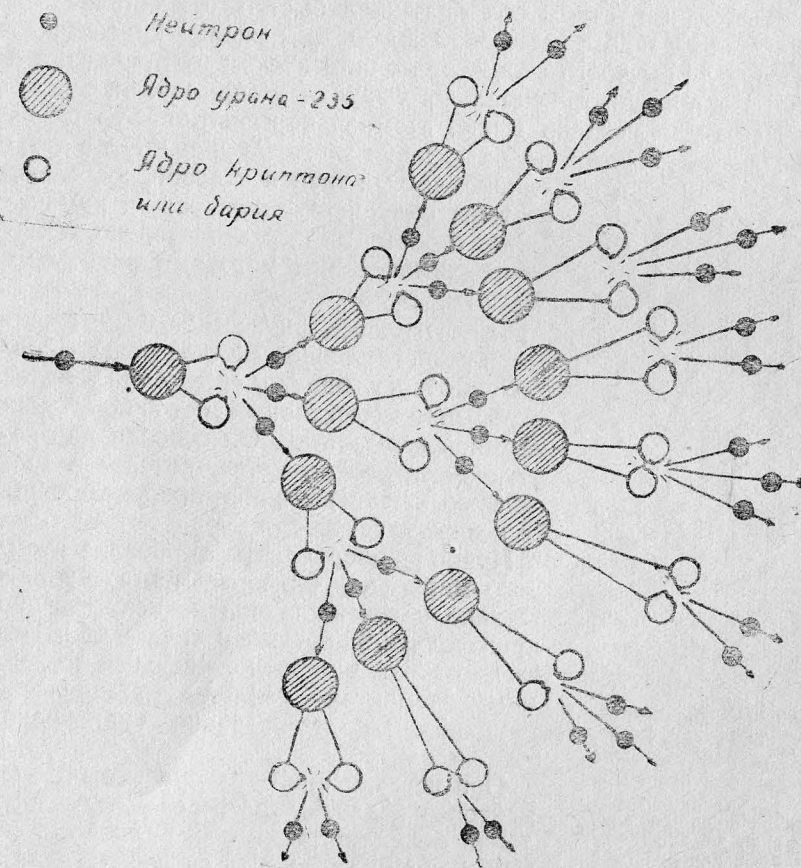


Рис. 5. Схема цепной реакции ядер урана-235.

могут уходить за пределы этого куска, не попадая в атомные ядра, и, таким образом, цепная ядерная реакция не осуществляется. Такой кусок атомной взрывчатки безопасен, с ним можно обращаться, как с обычным веществом.

Из сказанного становится ясным принципиальное устройство обычной атомной бомбы, схематический разрез которой представлен на рис. 6. Здесь видны два полушара из урана-235, каждый из которых меньше критической массы, но больше ее половины. Поскольку каждый кусок меньше критической массы, то взрыва самопроизвольно произойти не может. Для взрыва необходимо, чтобы оба полушара быстро соединились и образовался шар с массой, большей, нежели критическая масса. Для быстрого сближения одним куском выстреливают в другой с помощью специального заряда и взрывателя.

Как было указано выше, атомная взрывчатка — уран-235, получается посредством разделения изотопов урана. Этот путь,

однако, весьма труден и дорог, поскольку изотопы обладают одинаковыми химическими свойствами и, следовательно, обычными химическими методами разделены быть не могут.

Требуются иные, физические, очень сложные и дорогостоящие методы разделения.

Существует, однако, еще один, более удобный и эффективный способ получения атомной взрывчатки. Он основан на получении такого вещества, которое в значительных количествах в природе вообще не встречается.

Природа оборвала разнообразие атомного мира на 92-м элементе — уране. Однако человек научился искусственно производить 93-й, 94-й и т. д. — до 101-го элемента. Все они расположены за последним элементом таблицы Менделеева — ураном и носят название трансуранных элементов.

При исследовании трансуранных элементов оказалось, что 94-й элемент — плутоний обладает такими же свойствами, как и уран-235, то есть способен давать цепную ядерную реакцию. Плутоний образуется при попадании нейтрона в

ядро урана-238. В этом случае нейтрон захватывается ядром, и поскольку частиц в ядре оказывается на единицу больше, то получается уран-239, ядро атома которого неустойчиво, радиоактивно, с периодом полураспада всего 23,53 минуты. Ядро излучает электрон, что, как было уже показано, приводит к увеличению порядкового номера на единицу, то есть получению первого трансуранового элемента — нептуния-239. Последний также радиоактивен с небольшим периодом полураспада в 2,33 дня и, испуская электрон, превращается в 94-й элемент — плутоний. Плутоний-239 радиоактивен, но с большим периодом полураспада, равным 24 110 лет, что позволяет считать его практически устойчивым элементом. Плутоний получается в особых урановых блоках, причем отделение плутония от урана технически значительно более простая задача, нежели разделение изотопов урана.

Выделенный таким образом плутоний представляет собою мощную атомную взрывчатку. Само получение плутония возможно, очевидно, при достаточно большом количестве непрерывно возникающих свободных нейтронов. Нейтроны освобождаются, как указывалось выше, при распаде урана-235, причем распад его сопровождается выделением огромного количества энергии. Эта энергия может быть практически использована, например, для получения электроэнергии. Получение плутония связано также с весьма интенсивными излучениями, которые можно использовать для получения искусственных радиоактивных элементов.

Таким образом, при образовании плутония получается сверхмощная атомная взрывчатка, выделяется большое количество энергии и могут быть получены различные радиоактивные изотопы. Каким образом плутоний получается практически, будет сказано ниже.

Во всех разобранных выше случаях выделение энергии происходило при распаде тяжелых атомных ядер, причем в результате ядерных реакций получались более легкие атомные ядра. Так, например, при обстреле урана-235 нейтроном оказываются возможными реакции, при которых образуются:

- а) иод-137, иттербий-97 и два свободных нейтрона,
- б) ксенон-138, стронций-97 и один свободный нейтрон,
- в) барий-140, криптон-93 и три свободных нейтрона.

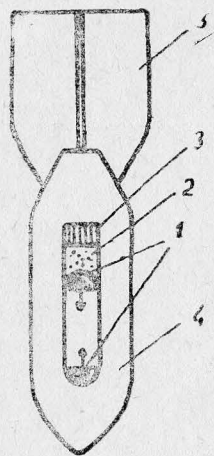


Рис. 6. Принципиальная схема устройства атомной бомбы:

1 — два полушара из урана-235 (или плутония), 2 — заряд обычного взрыва того вещества, 3 — взрыватель, 4 — оболочка бомбы, 5 — стабилизатор.

Возможны и другие продукты деления урана-235 нейтроном. Существенным в данном случае является то, что при распаде урана получаются более легкие элементы.

Однако получение атомной энергии возможно не только при распаде тяжелых атомных ядер на более легкие, но и при синтезе (соединении) легких атомных ядер в более тяжелые. Классическим примером ядерной реакции синтеза является протекающая на солнце реакция образования гелия из водорода. Как показали астрофизические исследования, в недрах солнца температура необычайно высока и достигает 20 миллионов градусов, причем и давления настолько велики, что даже газообразный водород становится в семь раз тяжелее свинца равного с ним объема.

Такие специфические условия достаточны, чтобы ядра обычного атома водорода, то есть протоны, через целую цепь промежуточных ядерных реакций начали синтезироваться в альфа-частицы, или, другими словами, в ядра атома гелия. Такой синтез протекает крайне медленно и приводит к огромному выделению энергии, значительно превышающему выделение энергии при распаде такого же весового количества урана.

Реакции синтеза, протекающие при высоких температурах (миллионы градусов), носят название термоядерных реакций.

Таким образом, современная физика разрешила великую загадку природы об источнике солнечной энергии. Это атомная энергия синтеза, энергия, выделяющаяся при термоядерной реакции образования гелия из водорода.

Поскольку запасы водорода на земном шаре практически неограниченны, человек принципиально обладает неисчислимыми запасами энергии на земле. Атомная энергия, как распада, так и синтеза, действительно избавляет человечество от угрозы топливного голода и дает будущим поколениям возможность неограниченного технического прогресса.

## 9. АТОМНОЕ ОРУЖИЕ

Выше указывалось, что открытие атомной энергии и ее использование являлись для человечества исторической необходимостью и логически завершали исследования ученых в области атома и атомного ядра. Однако атомная энергия впервые была применена не в целях созидания, а в целях смерти и разрушения. Современный загнивающий капитализм использовал величайшее завоевание человеческого гения против самого человека.

Об этом чудовищном использовании атомной энергии мир узнал, когда было опубликовано сообщение о применении в войне против Японии нового вида оружия, названного атомной бомбой. Согласно этому сообщению, 5 августа 1945 года на японский город Хиросима была сброшена атомная бомба, действие которой было равно действию 20 000 тонн тринитротолуола — мощного взрывчатого вещества. Четырьмя днями позже на японский морской порт Нагасаки была сброшена вторая атомная бомба. Так был использован весь наличный запас атомных бомб, находившийся в то время на вооружении американской армии.

Следует отметить, что в применении атомных бомб уже не было никакой необходимости. Союзникам было известно, что Советский Союз должен 8 августа выступить против империалистической Японии, что самолеты американской стратегической авиации в течение двух — трех дней сбрасывали на Японские острова огромное количество зажигательных и тринитротолуоловых бомб, что Япония не могла продолжать войны и искала только наиболее приемлемых условий для капитуляции.

Применение атомных бомб возвестило не об окончании военных действий на земле, а о начале так называемой «холодной войны». Демонстрация атомных бомб была рассчитана не на Японию, а для создания на земле определенных психологических предпосылок для проведения послевоенной политики США, получившей название «атомной дипломатии».

Исходным пунктом этой дипломатии был непреложный в то время факт, что Соединенные Штаты Америки являлись монополистами в производстве атомного оружия. Добившись практического использования атомной энергии (не только и не столько силами своих ученых, сколько научными силами Европы: Ферми (Италия), Бор (Дания), Эйнштейн (Германия) и другие), в США серьезно думали, что монопольное владение секретом атомного оружия может продолжаться долго.

Однако располагающая крупными научными силами и технически достаточно хорошо вооруженная Советская держава нарушила все «прогнозы» вдохновителей «атомной дипломатии», уже в 1947 году освоив производство атомного оружия. Таким образом, построенная на абсолютно ложном исходном расчете, «атомная дипломатия» должна была быть сдана в архив истории за непригодностью.

Тем не менее желание осуществлять свою внешнюю политику «с позиции силы» не покинуло в то время некоторых госу-

дарственных деятелей США. В начале 1950 года в Соединенных Штатах Америки приступили к изготовлению сверхмощного вида атомного оружия — водородной бомбы. Несмотря на «сверхсекретность» в исследовании и конструировании этой «сверхбомбы», в конечном счете и здесь дело закончилось полным крахом иллюзий о монополии, ибо Советский Союз быстро освоил производство и водородного оружия.

Всякая попытка изготовить новый сверхмощный вид оружия и владеть им монополично не приводит и не может привести к цели. Только запрещение атомного оружия, ликвидация имеющихся его запасов, использование под строгим международным контролем атомной энергии для мирных целей может избавить человечество от угрозы новой атомной опустошительной войны. Именно такую линию занимает Советское правительство, именно этого требуют все народы мира.

Первая бомба, брошенная на Хиросиму, имела взрывчатку из урана-235. Бомба была сброшена с большой высоты на парашюте с таким расчетом, чтобы сбросивший бомбу самолет сумел удалиться на безопасное расстояние.

На высоте нескольких сот метров сработал запущенный ранее дистанционный механизм, и два куска урана-235, соединившись вместе, образовали массу больше критической, что привело к бурно развивающейся цепной реакции и мощному атомному взрыву.

Принципиальная схема такой обычной атомной бомбы представлена на рис. 6.

По сообщениям иностранной печати в городе Хиросима было убито или пропало без вести 70—80 тысяч человек и ранено до 70 тысяч жителей. В городе было разрушено большое количество зданий и возникли многочисленные очаги пожаров. Площадь поражения достигла 12 квадратных километров, что в значительной мере обусловлено спецификой построек, сооруженных из бамбука, стекла и картона и не могущих противостоять высокой температуре и мощной взрывной волне, образовавшимся при взрыве.

Вторая бомба, сброшенная на Нагасаки, имела то же принципиальное устройство, но в качестве атомной взрывчатки был использован плутоний. В городе было убито и ранено около 80 тысяч жителей. Однако этот взрыв показал, что и от атомных бомб могут быть использованы достаточно эффективные меры безопасности. Находившиеся в каменном здании тюрьмы американские и английские военнопленные пострадали не особенно сильно, хотя тюрьма была расположе-

на всего в 800 метрах от места взрыва. Из 211 военнопленных погиб при этом взрыве всего 31 человек.

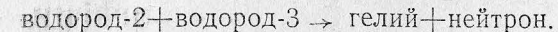
Дальнейшие многочисленные испытания как у нас в СССР, так и за рубежом, показали, что атомные бомбы обладают огромной разрушительной силой и поэтому являются оружием массового уничтожения людей. В то же время эти испытания показали, что существуют достаточно эффективные меры защиты от атомного нападения.

Являясь мощным средством разрушения, атомная бомба ограничена в своих размерах, так как количество взрывчатки не может превышать двух критических масс. Что касается водородной бомбы, то она не имеет такого ограничения и ее размеры ограничиваются исключительно возможностями транспортировки.

Как уже указывалось выше, атомная энергия может быть получена не только в результате распада тяжелых атомных ядер, но и в результате синтеза легких, в частности, в результате образования гелия из водорода. Образование гелия из атомов обычного водорода — это процесс, протекающий медленно, по особому циклу, носящему название «цикла Бете», или «углеродного цикла», поскольку реакция протекает в присутствии атомов углерода.

Однако при использовании других изотопов водорода эта реакция может протекать весьма быстро и давать реакцию мощного взрыва. В водородной бомбе используются тяжелые изотопы водорода: водород-2 (дейтерий) — тяжелый водород, встречающийся в соединении с кислородом в виде тяжелой воды, и водород-3 (третий), который может быть изготовлен искусственно, поскольку в природе не встречается.

Чтобы пошла реакция синтеза тяжелого и сверхтяжелого водорода, нужны весьма высокие температуры, достигающие миллионов градусов. Такие температуры на весьма короткое время могут быть получены при взрыве обычной атомной бомбы, которая в водородной бомбе играет роль своеобразного взрывателя, обеспечивая начало термоядерной реакции. Образование гелия может идти, например, следующим образом:



Схематическое изображение водородной бомбы представлено на рис. 7.

Как видно из реакции синтеза дейтерия и трития в гелий, в водородной бомбе должно образовываться большое количество свободных нейтронов, которые могут быть использованы для

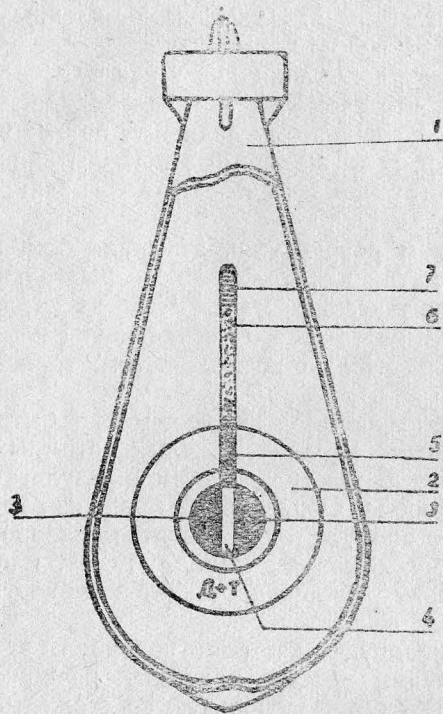


Рис. 7. Принципиальная схема устройства водородной бомбы:

1 — наружная оболочка бомбы, 2 — воловодный заряд (смесь дейтерия и трития), 3 и 5 — части заряда урана или плутония (каждая меньше критической величины), 4 — цилиндрическое отверстие, в которое при взрыве попадает часть атомного заряда, 6 — заряд обычного взрывчатого вещества, 7 — взрыватель.

местности на довольно длительный срок, в отличие от быстро исчезающего радиоактивного заражения местности в результате взрыва обычных атомных или водородных бомб.

## 10. ФАБРИКИ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ И РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ

Выше было изложено получение плутония при захвате ядрами урана-238 нейтронов. Практически это осуществляется в так называемых урановых котлах, или ядерных реакторах. В ядерных реакторах непрерывно идет образование плутония,

облучения вещества, составляющего оболочку самой бомбы.

Если сделать оболочку водородной бомбы из вещества, которое вследствие облучения нейтронами становится радиоактивным, то в результате взрыва такой бомбы образуются радиоактивные вещества, которые могут быть опасными для жизни длительное время, если период их полураспада значителен. Такими стойкими радиоактивными веществами являются, например, кобальт-60 (период полураспада 5 лет), цинк-65 (период полураспада 250 дней). Иногда встречающиеся термины «кобальтовая» или «цинковая» бомбы означают, что \* помимо атомной взрывчатки они содержат стойкие радиоактивные отравляющие вещества, которые могут произвести радиоактивное заражение

следовательно, всегда имеется достаточное количество нейтронов, которые освобождаются при распаде урана-235. Поскольку этот распад происходит с выделением большого количества энергии, главным образом, в виде тепла, то, используя эту теплоту, можно получить энергию в любом виде, в частности в виде электроэнергии. Таким образом, урановые котлы, или ядерные реакторы, помимо получения плутония, и являются теми фабриками, на которых вырабатывается атомная энергия.

Основная трудность осуществления цепной ядерной реакции в веществе, не являющемся чистым ураном-235 или плутонием, заключается в том, что только эти два изотопа могут при своем делении давать нейтроны, необходимые для поддержки и развития ядерных реакций. В естественном уране, представляющем собою смесь изотопов урана-235 и урана-238, ядерная цепная реакция развиваться не может, так как полученные при распаде урана-235 нейтроны поглощаются ураном-238, которого в общей массе урана 99,3%, и реакция, таким образом, прекращается. Для развития цепной реакции, очевидно, необходимо, чтобы не все нейтроны, выделяющиеся при распаде урана-235, попадали в изотоп урана-238, а каким-то образом «отыскивали» уран-235, чтобы дать новые нейтроны.

Такая своеобразная «дрессировка» нейтронов после их вылета при делении урана-235 оказывается возможна и основана на следующем: уран-238 захватывает нейтроны весьма интенсивно только тогда, когда их скорость лежит в некотором, довольно узком, интервале скоростей.

При вылете из распадающегося ядра урана-235 нейтроны имеют большие скорости, при соударении с атомными ядрами вещества они постепенно снижают свою скорость и, когда последняя достигает некоторого значения, уран-238 захватывает нейтрон. Однако, если быстро замедлить движение нейтрона, снизив скорость его настолько, чтобы она не лежала в том интервале скоростей, при котором уран-238 поглощает нейтроны, то такой нейтрон будет иметь возможность длительно путешествовать по куску урана, пока не «отыщет» уран-235 и не даст новые нейтроны. Следовательно, для осуществления цепной реакции в обычном уране необходимо, помимо самого урана, иметь еще замедлитель нейтронов.

Замедлитель нейтронов должен удовлетворять следующим требованиям. Во-первых, это должен быть легкий атом, то есть атом химического элемента начальной части таблицы Менделеева, так как при соударении с тяжелыми атомами нейтрон

отскакивает от них, почти не теряя скорости; во-вторых, атомы самого замедлителя не должны сильно поглощать нейтроны.

Как показали проведенные исследования, наиболее полно удовлетворяют этим условиям углерод, используемый в виде весьма чистого графита, и тяжелый водород (дейтерий), используемый в виде тяжелой воды.

В качестве замедлителя могут употребляться и такие вещества, атомы которых довольно сильно поглощают нейтроны, например, атомы обычного водорода. Но в этом случае, очевидно, процентное содержание атомов, дающих при своем распаде нейтроны, должно быть большим, нежели в природном уране, в котором, как уже указывалось выше, из тысячи атомов только семь способны давать при своем распаде свободные нейтроны. Другими словами, реактор может иметь замедлитель нейтронов, частично поглощающий нейтроны, если работа будет идти не на естественном, а на обогащенном уране, то есть таком, в котором процентное содержание урана-235 повышено в сравнении с природным ураном.

Таким образом, основными элементами ядерного реактора являются уран и замедлитель.

Конструктивно графитовый реактор состоит из графитовых блоков с отверстиями, расположенными в шахматном порядке. В отверстия вставляются алюминиевые патроны с ураном.

Для уменьшения потерь нейтронов активная зона реактора окружается слоем отражателя нейтронов, состоящим из графита, окиси бериллия и других материалов.

При работе реактора возникает опасное для обслуживающего персонала радиоактивное излучение. Поэтому реакторы окружают толстыми слоями «биологической защиты», состоящей из графита, свинца, кадмия, железа, бетона и некоторых других материалов. Такая «биологическая защита» достигает иногда толщины 2,5 метра и сильно утяжеляет общий вес установки.

Общий вес такого урано-графитового реактора достигает 1500 тонн, причем вес самого «горючего» — урана или окиси урана — составляет всего 52 тонны.

Для управления ходом реакции служат бронзовые стержни, покрытые металлическим кадмием или бором. Кадмий хорошо поглощает нейтроны и поэтому, вдвигая или выдвигая эти стержни из реактора, можно регулировать интенсивность ядерной реакции в котле. При угрожающем повышении температуры в реакторе в котел автоматически вдвигаются аварийные кадмиевые стержни, и цепная реакция прекращается. Такая же

остановка работы может оказаться необходимой для извлечения образовавшегося в реакторе плутония.

При работе реактора выделяется большое количество тепла, для отвода которого применяется специальная система охлаждения. Охлаждают реакторы либо газами, либо жидкостями, циркулирующими через ядерный реактор. В качестве газов употребляется, например, гелий, углекислый газ; в качестве жидкостей — вода, тяжелая вода, расплавленные легкоплавкие металлы (калий, натрий). В отдельных частях современных ядерных реакторов поддерживается температура, достигающая 600°C. Схематическое устройство ядерного реактора представлено на рис. 8.

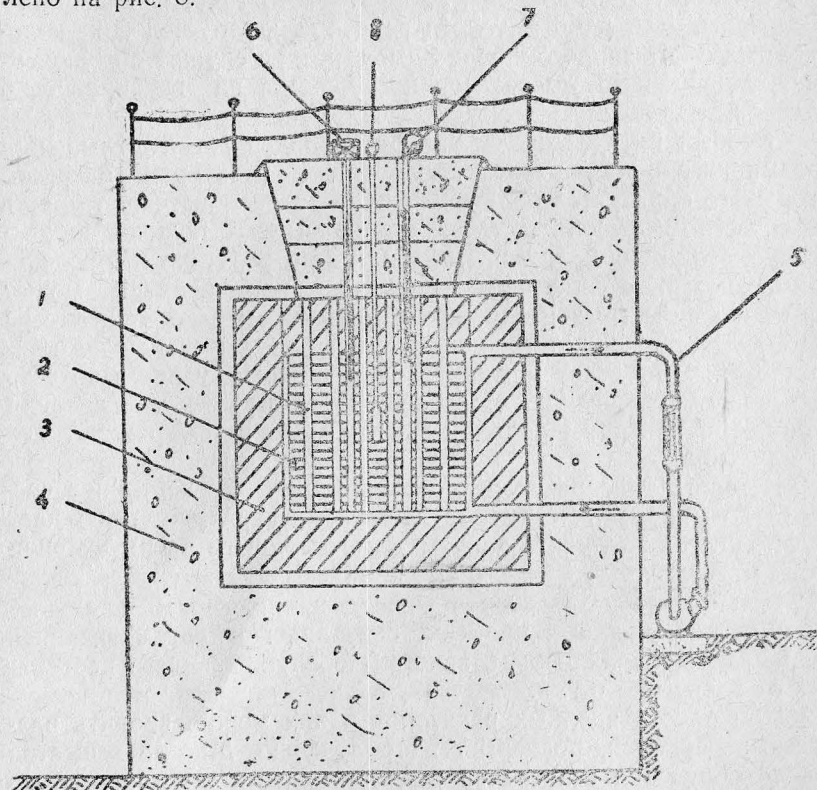


Рис. 8. Схематическое устройство уранового реактора.  
1 — урановые стержни в алюминиевых оболочках, 2 — графитовый блок — замедлитель нейтронов, 3 — графитовый отражатель нейтронов, биологическая защита, 4 — система охлаждения с теплообменником, 5 — регулирующий стержень, 6 — аварийный стержень, 7 — экспериментальный канал для облучения различных веществ.



Реакторы, использующие в качестве замедлителя тяжелую воду, бывают двух типов. В реакторах первого типа урановые стержни погружаются в тяжелую воду, в реакторах второго типа сульфат урана растворяется в тяжелой воде. Последнего типа реакторы могут иметь относительно небольшие размеры, так как они работают на обогащенном уране (на одну часть урана-235 приходится всего шесть частей урана-238, против 140 частей в обычных случаях). Диаметр внутренней части такого реактора может быть всего 35—40 сантиметров, он покрывается слоем свинца толщиной 10 сантиметров, слоем кадмия и слоем бетона толщиной 1,5—2 метра.

Существуют небольшие, лабораторного типа, «плавающие» реакторы. Для работы такого реактора требуется 2,5 килограмма обогащенного урана. Замедлителем служит обыкновенная вода, в которую реактор погружается на глубину 5—6 метров.

Особый интерес представляют «бридерные» котлы, или размножительные реакторы. В таких реакторах ядерного горючего образуется больше, нежели затрачивается, то есть количество полученного плутония превышает количество расходуемого урана-235. Для работы такого реактора нет необходимости употреблять замедлитель, так как реакция может идти и на быстрых нейтронах. Сердечником такого реактора является стержень из урана-235, имеющий массу меньше критической. Этот стержень окружен природным ураном, то есть в основном ураном-238. Образовавшиеся в результате деления урана-235 нейтроны попадают в уран-238 и превращают его в плутоний.

В такого типа реакторах бесполезная трата нейтронов сведена до минимума. Реактор легко перезаряжается и дает возможность увеличить запасы дорогостоящего расщепляющегося материала.

При постройке реакторов ученым и инженерам пришлось решить ряд сложных проблем, связанных с автоматизацией управления, охлаждением, защитой обслуживающего персонала от излучения и т. д.

При работе ядерных реакторов в них можно вводить различные вещества, подвергая их облучению. Многие вещества после облучения становятся радиоактивными и могут быть использованы практически. Таким образом, ядерные реакторы являются не только «фабриками энергии», но и фабриками по изготовлению искусственных радиоэлементов.

## 11. АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Ядерные реакторы, являясь фабриками атомной энергии, могут поставлять энергию для преобразования в другие виды, в частности, для получения электроэнергии.

Однако для практического осуществления проекта электростанции, работающей на атомной энергии, необходимо было преодолеть ряд технических трудностей, связанных с разработкой сложной системы охлаждения, так как вещество, непосредственно отнимающее тепло от реактора, становится радиоактивным, что затрудняет использование его, как рабочего вещества в паровой турбине. Значительные трудности заключались в борьбе с коррозией, автоматизацией процессов в реакторе и его управлением, заменой продуктов распада в котле и т. д. Экспериментально-технические трудности были настолько велики, что один из видных ученых США Дэвид Лилянталь заявил, будто «до создания атомно-энергетической станции промышленного типа — не один и даже не два шага» и он не видит возможности преодолеть эти трудности ранее чем через 8—10 лет.

Но советские ученые сумели существенно сократить эти сроки. 27 июня 1954 года, впервые в мире, заработала советская электростанция на атомной энергии, она дала ток для промышленности и сельского хозяйства. Мощность этой электростанции сравнительно невелика — 5000 киловатт. В настоящее время идет работа по созданию работающих на атомной энергии станций мощностью 50—100 тысяч киловатт.

Современная атомная электростанция имеет четыре цеха — реакторный, генераторный, турбинный и электрический.

В реакторном цехе помещен ядерный реактор, в отдельных частях которого автоматически поддерживается температура 300—600°C. В качестве «рабочего вещества», отнимающего тепло от реактора и переносящего его в генераторный цех к парогенераторам, употребляются газы, вода или расплавленные легкоплавкие металлы. Рабочее вещество, выходящее из реактора, радиоактивно, поэтому генераторный цех, как и сам ядерный реактор, окружен биологической защитой.

Мощные насосы заставляют «рабочее вещество» поступать из реактора к парогенераторам, из которых, охлаждаясь, оно снова поступает в реактор за новой порцией тепловой энергии.

Через парогенераторы проходят трубопроводы, в которых образуется перегретый пар высокой температуры и давления.

Этот, уже не радиоактивный пар поступает в турбинный цех, где вращает рабочее колесо паровой турбины. Отработанный пар поступает в конденсатор, отдает оставшееся тепло, которое может быть использовано для отопительных целей, и гонится насосами снова в парогенератор.

Паровая турбина вращает ротор генератора электрического тока, установленного в электрическом цехе. Схема такой электростанции представлена на рис. 9.

Целесообразность введения в строй мощных атомных электростанций совершенно очевидна. Равная по мощности величайшей в мире Куйбышевской ГЭС, работающей на атомной энергии электростанция будет расходовать в год всего около двух тонн ядерного горючего. Атомные электростанции сводят практически на нет расходы на транспортировку горючего, не дают шлака и дыма.

Ныне работающая атомная электростанция Академии Наук СССР мощностью в 5000 киловатт потребляет за сутки не более 30 граммов ядерного горючего. Это значит, что кусок урана размером с голубиное яйцо дает такое количество электроэнергии, какое получается при сжигании 100 тонн высококалорийного каменного угля.

Современная тепловая паротурбинная электростанция мощностью в 5000 киловатт потребляет за год 36 500 тонн каменного угля, который доставляют на станцию 70 железнодорожных составов. Годовой запас ядерного горючего для атомной электростанции Академии Наук СССР составляет лишь 11 килограммов.

Полугодовой запас обогащенного урана (5% урана-235) хранится в главном зале станции в алюминиевых стержнях, подготовленных для опускания в графитовые блоки реактора. Поочередная смена стержней производится через сто дней.

Рабочим веществом, отнимающим тепло заключенных в алюминиевые оболочки урановых стержней, является вода, протекающая в первом контуре труб, изготовленных из нержавеющей стали. Эта вода находится под высоким давлением, равным ста атмосферам. Такое давление обеспечивает нагрев воды до 270°C. Вода при этой температуре не кипит, так как точка кипения ее при давлении в 100 атмосфер равна 309°C. Эта вода поступает в парогенератор и отдает тепло второму контуру труб, в котором она циркулирует под давлением 12,5 атмосферы.

Во втором контуре вода кипит уже при 200°C и в парогенераторе превращается в пар, нагреваемый до 260°C. Этот пар, не радиоактивный, поступает в турбину, вращающую генератор электрического тока.

Как уже говорилось выше, рабочим веществом в первом контуре могут быть также газы или жидкие металлы. Их можно нагревать до более высоких температур. Однако их использование требует преодоления многочисленных технических трудностей.

Регулирующие и аварийные стержни, опускаемые в реактор, изготовлены из карбида бора.

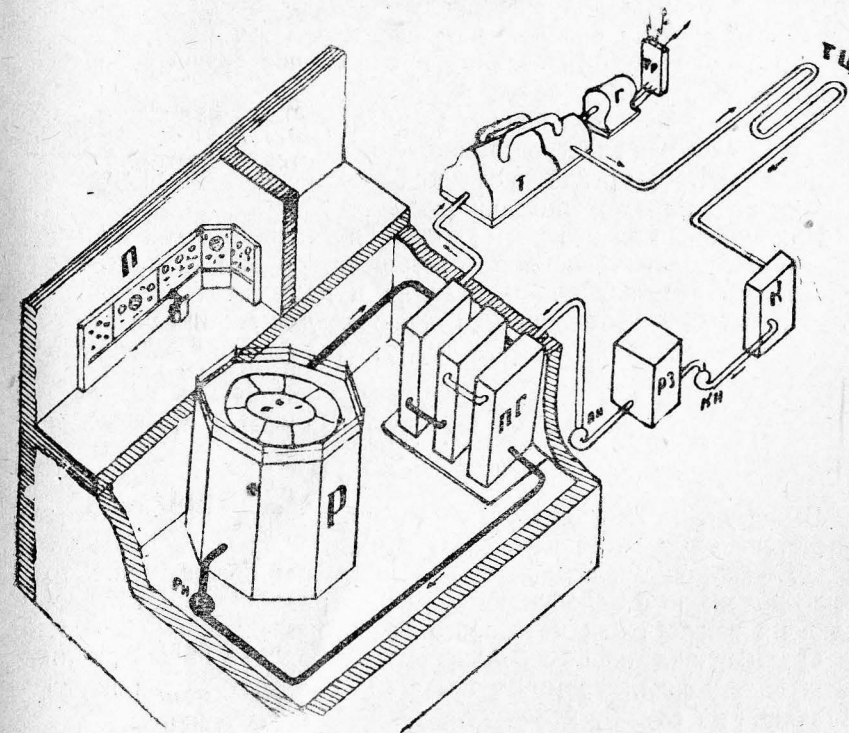


Рис. 9. Принципиальная схема атомной электростанции.

Р — реактор, ПГ — парогенератор, П — пульт управления, Т — турбина, Г — генератор электрического тока, ТР — трансформатор, ТЦ — теплоцентраль, К — конденсатор, РЗ — резервуар, РН — насосный агрегат, ПН — насосы питания реактора и парогенератора.

Роль биологической защиты выполняет стальной цилиндрический кожух реактора, слой воды толщиной в 1 метр и бетонная оболочка толщиной в 3 метра. Сверху реактор закрыт усиленным графитовым отражателем нейтронов, тяжелой стальной крышкой и чугунной плитой.

Во время замены стержней с ураном обслуживающий персонал удаляется из помещения, а работу производят сложные автоматы. Наблюдение за их работой производится из защищенной кабины через толстое свинцовое стекло. Отработанные стержни с ядерным горючим хранятся в особых резервуарах, наполненных водой и окруженных мощной биологической защитой.

Чувствительные приборы предупреждают обслуживающий персонал о степени опасности во время работы.

Управление работой станции производится с центрального пульта управления.

Вот уже второй год надежно работает первая в мире советская атомная электростанция Академии Наук СССР, обеспечивая электроэнергией промышленные и сельскохозяйственные объекты близлежащих районов.

Накопленный за это время опыт позволяет производить конструктивные изменения и усовершенствования в проектах строящихся атомных электростанций и подготовить квалифицированный научно-технический персонал для работы на атомных электростанциях, которые будут введены в действие в недалеком будущем.

## 12. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ

Выше указывалось, что многие радиоактивные изотопы химических элементов испускают лучи, которые в больших дозах оказываются вредными для животных организмов. Это было положено в основу использования радиоактивных отравляющих веществ как некоторого боевого оружия.

Однако подавляющее большинство населения нашей земли не желает войны, стремится поставить все достижения науки и техники на службу человеку.

Искусственная радиоактивность, как указывалось выше, была открыта Фредериком Жолио-Кюри и Ирен Кюри-Жолио и заключается в том, что в результате облучения некоторых атомов элементарными частицами — нейтронами, протонами и т. д. эти атомы становятся радиоактивными, то есть, в свою

очередь, начинают испускать элементарные частицы и гамма-лучи.

Такие радиоактивные изотопы какого-либо химического элемента получили название «меченых атомов», поскольку они легко обнаруживают свое присутствие с помощью специальных счетчиков или путем действия на фотографическую пластинку. Таким образом, «меченые атомы» могут быть использованы как весьма чувствительные индикаторы какого-либо элемента, указать на его присутствие, дать возможность проследить его движение в растительном или животном организме или в неорганическом мире.

«Меченые атомы» уже сейчас нашли себе широкое практическое применение в промышленности, сельском хозяйстве, медицине и других областях науки и техники.

Абсолютное большинство процессов, протекающих в природе, связано с движением частиц вещества. Часто бывает нужно знать пути движения этих частиц, скорость их распространения в организме животных и растений и в производственных установках, не нарушая хода самих процессов. Здесь на помощь и являются «меченые атомы».

Вводя, например, «меченые атомы» железа в кровь человека, можно точно определить скорость распространения крови в организме или наличие кровообращения в поврежденной части тела и решить вопрос о том или ином методе лечения.

Различные органы человека, мышечные и костные ткани по-разному поглощают различные химические элементы. Например, фосфор преимущественно накапливается в костных тканях, в мозгу и в печени; иод — в щитовидной железе, железо — в крови и т. д.

Вводя в пищу больного «меченые атомы» фосфора вместе с обыкновенным фосфором, по интенсивности излучения врачи определяют состояние мозга, могут обнаружить точное месторасположение злокачественной мозговой опухоли, которая особенно хорошо поглощает фосфор.

Давая вместе с обычным иодом радиоактивный иод, врачи наблюдают, как он усваивается щитовидной железой, определяют ее состояние и одновременно лечат ее, так как радиоактивный иод благотворно влияет на деятельность щитовидной железы.

Физиологи на животных испытывают действие новых лекарственных веществ путем введения в них «меченых атомов».

Биологи, используя радиоактивный углерод, изучают процессы углеводного питания и выявляют условия, необходимые для выращивания ценных видов микроорганизмов, находящихся широкого применения в сельском хозяйстве и в пищевой промышленности.

Агрономы с помощью «меченых атомов» следят за процессами, происходящими в растениях, открывают новые процессы, знание которых ведет к правильной организации питания и ухода за растениями, к рациональному размещению удобрений в почве, к повышению урожайности растений. Так, применение «меченых атомов» позволило выбрать внекорневой метод подкормки хлопчатника и повысить его урожайность на 30 процентов.

Зоотехники, используя «меченые атомы», исследуют обмен веществ в организмах животных, вырабатывают такие рациональные питания, которые увеличивают продуктивность скота.

«Мечеными атомами» можно «метить» насекомых (пчел, саранчу), рыб и т. д. и, следя за их распространением (миграцией), методом отлова в различных местах, делать практические выводы о скорости и направлении их перемещения.

Широкое распространение получили «меченые атомы» в промышленности, например, в машиностроении. С их помощью исследуется износ частей машин и механизмов, условия смазки при работе и качество смазывающих материалов. Для этого трущиеся детали делают радиоактивными и по количеству «меченых частиц» в масле быстро определяют степень износа частей и качество смазки.

Трудно исследовать расплавленный металл и его пары обычными методами. Металлурги с помощью «меченых атомов» легко определяют качество сплавов во время плавки.

«Меченые атомы» помогают следить за процессами, идущими в закрытых сосудах, в трубопроводах, в баллонах во время работы.

Трудно даже перечислить все виды и методы применения «меченых атомов», но и приведенных примеров более чем достаточно, чтобы видеть, какое широкое применение получили они в нашей жизни.

При достаточной интенсивности гамма-лучей искусственных радиоактивных изотопов последние могут быть использованы и используются, подобно рентгеновскому излучению, для просвечивания тел, а также для воздействия на некоторые живые организмы. Для этого необходимо иметь искусственный радиоактивный изотоп с большим периодом полураспада. Од-

ним из таких изотопов является изотоп кобальта-60, обладающий периодом полураспада в 5 лет. Это означает, что радиоактивный кобальт без всякого воздействия извне будет излучать рентгеновские лучи, причем интенсивность этого излучения будет на протяжении небольших отрезков времени практически постоянной.

Используя излучение радиоактивного кобальта, можно просвечивать различные ответственные детали машин, обнаруживать в них внутренние пороки или неоднородности. При этом не требуется дорогостоящей и потребляющей электроэнергию рентгеновской установки. Ее заменяет кусок кобальта в соответствующей оправе. Просвечивание можно производить в любом месте, тогда как с помощью рентгеновской установки исследуемая деталь должна быть принесена к тому месту, где находится установка.

Так, прямо в цехе просвечиваются металлические отливки и изделия, а фотопленка, помещенная с противоположной стороны, фиксирует пустоты, раковины, трещины в металле.

Методом просвечивания можно с большой степенью точности контролировать толщину металлических листов, труб, бумаги и других изделий.

Тот же радиоактивный кобальт находит широкое применение в медицине, заменяя сложные и дорогостоящие рентгеновские установки отечественными терапевтическими «гамма-установками» — «ГУТ».

В медицине радиоактивный кобальт применяется в диагностике (просвечивание) и в терапии, где используется гамма-излучение для лечения ряда заболеваний, в частности, для лечения злокачественных опухолей (рака). Радиоактивное излучение кобальта останавливает развитие злокачественных опухолей, что, в конечном счете, ведет к ликвидации болезни.

Проведенные в лабораториях опыты по облучению растений сулят принести большие результаты. Так было обнаружено, что в корнях свеклы от гамма-лучей накапливается больше сахара, гречиха после облучения прорастает быстрее и раньше цветет.

Облучение радиоактивными препаратами мясных, рыбных, молочных продуктов, овощей и фруктов приводит к их длительному хранению без порчи. Например, картофель, морковь, лук после облучения лучами радиоактивного кобальта могут более года храниться, не прорастая. Вкусовые качества продуктов при этом не теряются. Мясо, облученное радиоактивным кобальтом, может храниться свежим около трех недель.

Это получается потому, что гамма-лучи убивают микроорганизмы, вызывающие порчу продуктов.

В будущем этот способ холодной стерилизации будет широко использован в пищевой промышленности и отпадет надобность в сложной технике консервирования и замораживания продуктов. Не будет нужды варить консервы в автоклавах, достаточно будет облучить их радиоактивными лучами в холодном виде.

В науке радиоактивные изотопы дали новые способы исследования явлений и процессов, происходящих в природе. С их помощью ученые определяют возраст горных пород, время гибели давно умерших животных, останки которых сохранились и были обнаружены при раскопках, возраст древних растений.

Трудно даже перечислить все области применения радиоактивных изотопов в настоящее время. Но еще большее применение найдут они во всех областях хозяйственной и культурной жизни в будущем, так как возможности их практического применения еще далеко не исчерпаны.

### 13. АККУМУЛЯТОРЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Возможно ли атомную энергию непосредственно превращать в электрическую энергию? Ведь это поведет к избавлению от неизбежных потерь, существующих ныне при превращении тепловой энергии реакторов в электрическую энергию через сеть теплообменников.

Такое превращение возможно, более того, первые шаги в этом направлении уже сделаны нашими учеными. Уже созданы небольшие атомные батареи, способные работать несколько лет без всякой зарядки.

Они находят себе применение в радиопромышленности.

Одним из продуктов распада урана-235 или плутония-239 является радиоактивный изотоп стронция (стронций-90), который излучает электроны.

В элементе атомной батареи радиоактивный стронций помещается под слоем полупроводника — кремния. С огромной скоростью вылетающие из стронция электроны попадают в кристаллы кремния и выбивают из его атомов электроны. Эти электроны попадают на кремниво-сурьмяную пластинку, расположенную над кристаллами кремния. Через границу кремния и кремниво-сурьмяной пластинки электроны могут проходить только в сторону кремниво-сурьмяной пластинки. В результате кремниво-сурьмяная пластинка заряжа-

ется отрицательно, а кристаллы полупроводника — кремния, теряя электроны, заряжаются положительно.

Мощность одного такого элемента (рис. 10) пока еще невелика, она равна лишь одной миллионной доле ватта. Однако если параллельно соединить большое число таких элементов в батарею, то мощность может быть значительно увеличена.

Тяжелой биологической защиты такие батареи не требуют, ибо чистый стронций-90 излучает только электроны.

Второй возможный путь непосредственного преобразования атомной энергии в электрическую может быть осуществлен при использовании термобатарей, состоящих из ряда термопар.

Если составить замкнутую цепь из двух разнородных металлических проводников, например, медного и константанового, или висмутового и сурьмяного и т. д., то получается так называемая термопара. При нагревании одного спая термопары по составляющим ее проводникам потечет ток.

Если одни спаи последовательно соединенных термоэлементов поместить в реактор, а другие, например, в охлаждающую жидкость, то за счет энергии реактора можно получить электрический ток. В таких установках можно обойтись без сложных электрических машин и турбин; они будут долговечны, просты и удобны в эксплуатации, но мощность их будет невелика.

### 14. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

Созидательные атомные взрывы могут быть использованы для выполнения трудоемких строительных работ на строительстве некоторых гидростанций, шахт, каналов, в горно-

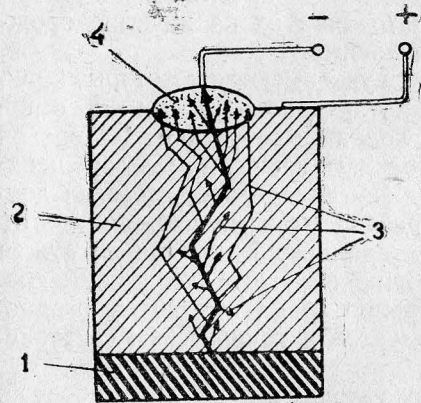


Рис. 10. Элемент атомной батареи: 1 — радиоактивный стронций-90, 2 — полупроводник-кремний, 3 — лавина выбитых из орбит атомов кремния электронов, 4 — кремниво-сурьмяная пластинка.

рудной промышленности и т. д., заменяя тяжелый труд людей на земляных работах.

Громоздкость атомных котлов и большой вес биологической защиты затрудняют пока использование атомных двигателей на транспорте.

Однако уже сейчас ученые многих стран работают над разрешением этой проблемы. Создаются проекты облегченных атомных двигателей для использования их на железнодорожном, морском и воздушном транспорте.

Более того, в этом отношении уже имеются некоторые практические результаты. В Америке недавно вступили в строй экспериментальная подводная лодка «Сивульф» («Морской волк») и военная подводная лодка «Наутилус». По сообщениям иностранной печати лодка «Наутилус» имеет атомный двигатель, длина лодки 91 метр, развиваемая ею скорость достигает 50 километров в час. Для атомного двигателя не нужен кислород, для экипажа его можно получать химическим способом, таким образом, нахождение лодки под водой ограничивается только запасами продуктов и психическим состоянием находящихся в ней людей.

Правда, ни первую, ни вторую лодку нельзя считать боевой, так как из-за большого веса биологической защиты двигателей лодки получились громоздкими, неуклюжими, не маневренными и с малым коэффициентом полезного действия. Повышенный шум турбин и винтов позволяет легко обнаружить местонахождение лодки звуковыми локаторами, а огромная масса металла лодки легко обнаруживается радиолокаторами. Помимо этого, устойчивой и безаварийной работы атомных двигателей американцы еще не добились. Тем не менее, постройку лодок с атомными двигателями можно считать первым, хотя и не вполне удачным, экспериментом использования атомных двигателей на транспорте.

За последнее время появился ряд интересных проектов атомных двигателей для локомотивов и морских судов. Претворение этих проектов в жизнь — дело недалекого будущего.

Если удастся значительно снизить вес биологической защиты, то скоро появится и автомобильный атомный транспорт, и самолеты с атомными двигателями, которые без посадки будут покрывать расстояние в несколько десятков тысяч километров.

При конструировании реактивного атомного двигателя для самолета встречается еще одна трудность — высокая температура в реакторе. Эту трудность проектируют преодолеть так:

в компрессор двигателя вместе со струей воздуха будет поступать мелкая урановая пыль. Сжатая воздушно-урановая смесь направится через графитовые отверстия реактора, где ядерная реакция урановой пыли будет нагревать воздух. Горячая воздушно-урановая смесь попадает в газовую турбину, приобретает вращательное движение, и центробежные силы отбрасывают тяжелую урановую пыль с частью воздуха обратно к компрессору, а основная струя воздуха, выбрасываясь через сопло, создает реактивную тягу самолету.

Так или иначе, ученые сумеют построить атомные двигатели для самолетов, а затем и для ракетопланов.

Не без основания президент Академии Наук СССР А. Н. Несмеянов говорил о том, что наука достигла такого состояния, когда становится реальной посылка стратоплана на Луну и создание искусственного спутника Земли.

Разработка атомного двигателя для ракетоплана приближает нас к осуществлению межпланетных путешествий. Недалек тот день, когда в мировое пространство отправятся атомные ракетопланы с людьми для объективного изучения мировых глубин Вселенной.

Овладев атомной энергией, люди смогут управлять погодой, климатом.

Век пара, век двигателей внутреннего сгорания и электричества неузнаваемо преобразил жизнь на земле и самих людей. Нам трудно сейчас представить, что бы случилось, если бы остановились поезда и пароходы, если бы погас электрический свет, прекратили свою работу радиостанции, телеграф, телефон. А ведь каких-нибудь 100—150 лет назад ничего этого не было.

Еще большие изменения в жизни и технике принесет наступивший уже век атомной энергии.

Энергия одного килограмма урана эквивалентна энергии 3000 тонн высококалорийного каменного угля.

Превращение одного килограмма водорода в гелий может дать 100 000 киловатт-лет энергии. Научившись использовать эту энергию в мирных целях, человечество сможет многие миллиарды лет использовать земные, по существу неисчерпаемые, источники энергии.

Разгадав труднейшие проблемы фотосинтеза, с которым связано существование всего живого на земле, люди найдут пути создания продуктов и будут создавать их быстрее и лучше, чем сейчас создает их природа за счет солнечного излучения.

Большинство людей на земле желает мира.

Миллионы людей не хотят допустить повторения преступлений, совершенных на японских островах. Поступательное развитие человеческого общества, основанное на непрерывном росте производительности труда, не может и не должно пройти мимо тех почти фантастических возможностей, которые таятся в мирном использовании атомной энергии.

Поэтому так широко развернулось движение за запрещение атомного оружия, за то, чтобы величайшее открытие было поставлено на дело мира и процветания.

Это требование всего прогрессивного человечества ясно выражено в Обращении Всемирного Совета Мира против подготовки атомной войны. Под этим Обращением поставили свои подписи 656 миллионов человек — половина взрослого населения земного шара.

Во главе борьбы за мирное использование атомной энергии идет великий советский народ. Советское правительство неустанно борется за запрещение атомного оружия, за установление строгого международного контроля за выполнением этого запрещения, за использованием атомной энергии в мирных целях.

Как всегда, подкрепляя свои высказывания непосредственными действиями, наша наука и атомная промышленность оказывают бескорыстную помощь в первом освоении атомной техники в Китае, Польше, Чехословакии, Румынии, ГДР, Венгрии и Болгарии.

В Советском Союзе впервые заработала атомная электростанция. Впервые с 1 по 5 июля 1955 года прошла сессия Академии Наук СССР по мирному использованию атомной энергии. Советские ученые приняли деятельное участие в международной научно-технической конференции по мирному использованию атомной энергии, проходившей в августе 1955 года в Женеве, где ими прочитано свыше ста докладов, вызвавших огромный интерес зарубежных ученых.

Советские люди с большим удовлетворением восприняли первые шаги, направленные на широкое внедрение атомной энергии для нужд мира и прогресса. Мысли и чаяния советских людей выражены в телеграмме Председателя Совета Министров СССР Н. А. Булганина на имя председателя Женевской конференции господина Баба, в которой говорилось: «Заканчивающаяся в Женеве Международная конференция по мирному использованию атомной энергии является значительным шагом по пути установления международного сотрудниче-

ства в такой важной области, как использование атомной энергии для мирных целей.

Состоявшийся на конференции обмен мнениями и информацией представляет собой ценный вклад в дело дальнейшего прогресса науки и техники в этой области.

Эта конференция несомненно послужит делу мира и будет способствовать дальнейшему ослаблению международной напряженности.

Советское правительство поздравляет всех участников конференции с достигнутым успехом и выражает надежду, что дело международного сотрудничества в области мирного использования атомной энергии, начало которому было столь успешно положено этой конференцией, будет продолжено путем регулярного созыва подобных совещаний ученых всех стран».

Претворение в жизнь плодотворной идеи мирного сосуществования многих народов и различных социальных систем даст возможность поставить атомную энергию на службу мирным целям, прогрессу человечества на земле.

### СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Э. В. Шпольский, Атомная энергия, Гостехиздат, 1946.
2. Г. Д. Смит, Атомная энергия для военных целей, Трансжелдориздат, 1946.
3. Ф. Д. Бублейников, Как исследовали вещество, Гостехиздат, 1948.
4. А. И. Китайгородский, Строение вещества, Гостехиздат, 1948.
5. М. Марков, Покоренные стихии. Госкультпросветиздат, 1940.
6. И. Е. Тамм, Элементарные частицы, сборник «Наука и жизнь», Москва, 1949.
7. М. Е. Жаботинский, Атомная энергия, сборник «Наука и жизнь», Москва, 1949.
8. Г. А. Зисман, Мир атома, ГИТТЛ, 1949.
9. М. И. Корсунский, Атомное ядро, ГИТТЛ, 1950.
10. В. Мезенцев, Загадка вещества, Детгиз, 1951.
11. А. Н. Несмеянов, Меченые атомы, Научно-популярная библиотека, 1951.
12. И. А. Науменко, Атомная энергия и ее использование, Издательство ДОСААФ, 1954.
13. Р. Лэш. Новая сила. Об атомах и людях, И. Л. 1954.
14. А. М. Кузин, Меченые атомы в исследованиях по сельскому хозяйству. Издательство АН СССР, 1954.
15. «Атомная энергия», перевод с английского В. Я. Фридмана, И. Л. 1954.
16. В. А. Лешковский, Атомная энергия, Научно-популярная библиотека, 1954.
17. «Атомное оружие», Сборник статей, Воениздат, Москва 1954.
18. Петрович, Дянов, Атомная энергия и ее применение, Воениздат, 1954.
19. «Атомная энергия», Сборник статей, Воениздат, 1954.
20. Я. Г. Дорфман, Атомная энергия и ее применение в народном хозяйстве. Брошюра Ленинградского отделения общества по распространению политических и научных знаний, 1955.
21. А. И. Китайгородский, Строение вещества и его энергия. Воениздат, 1955.
22. Проблемы использования атомной энергии. Сборник статей. Воениздат, 1955.

### ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Атомная энергия и будущее человечества . . . . .	3
2. Из чего состоит окружающий нас мир? . . . . .	6
3. Как устроен атом? . . . . .	9
4. Атомное ядро . . . . .	10
5. Неустойчивые атомные ядра . . . . .	13
6. Искусственное разрушение атомных ядер. Энергия атомного ядра . . . . .	15
7. Искусственная радиоактивность . . . . .	17
8. Пути практического использования процессов, протекающих в атомных ядрах . . . . .	19
9. Атомное оружие . . . . .	24
10. Фабрики атомной энергии и радиоактивных изотопов . . . . .	28
11. Атомные электростанции . . . . .	33
12. Использование радиоактивных изотопов в мирных целях . . . . .	36
13. Аккумуляторы электроэнергии . . . . .	40
14. Перспективы использования атомной энергии . . . . .	41
Список рекомендуемой литературы . . . . .	46



Леонид Васильевич Киренский.  
Александр Иванович Дрокин.  
«Атомная энергия и ее применение».

Редактор Л. Лифшиц.  
Технический редактор А. Кокоулина.  
Корректор В. Гундобина.

Сдано в набор 28 октября 1955 г.  
Подписано к печати 17 декабря 1955 г.  
Объем 2,4 авт. л., 2,73 уч. изд. л., 3 п. л.  
Тираж 5000 экз. Заказ 6191.  
Формат бумаги 60X84/16 АЛ00029. Цена 85 к.

Красноярское книжное издательство, Урицкого, 98.  
Типография «Красноярский рабочий»,  
проспект имени Сталина, 55.